

医学步态分析中的复杂场景下运动目标检测技术

苏松志 王丽 李绍滋

关键词 医学步态分析 运动目标检测 贝叶斯决策

摘要 针对医学步态分析中的复杂场景下运动目标检测问题,提出了基于贝叶斯决策规则的方法。该方法由变化检测、变化分类、前景目标提取和背景更新四部分组成。变化检测采用自适应阈值法来二值化变化点和非变化点,变化分类基于颜色共生特征向量,采用贝叶斯规则进行决策,前景对象的提取融合了时间差分法和减背景法。针对复杂场景中背景的“渐变”和“突变”情况,提出了不同的背景更新策略。实验表明,该方法在包含有摇动的树枝,或者灯的开关等复杂背景中能准确地提取运动目标,因此可用在医学步态分析的研究中。

Moving Object Detection for Medical Gait Analysis in Complex Scene / Song-zhi SU, Li WANG, Shao-zi LI // China Digital Medicine. -2007, 2 (10): 28 to 31

Keywords medical gait analysis, moving object detection, Bayes decision rule

Abstract This paper proposes a novel method for moving object detection from a video in medical gait analysis which contains not only stationary background objects but also moving background objects. It consists of four parts: change detection, change classification, foreground object abstraction, and background learning and maintenance. We use the Bayes decision rule for classification of background and foreground changes based on a special feature vector--- color co-occurrence feature. Foreground object abstraction fuse the classification results from both stationary and moving pixels. Learning strategies for the gradual and "once-off" background changes are proposed to adapt to various changes in background through the video. Extensive experiments on detecting foreground objects from a video containing waving tree branches, or light open/close demonstrate that the proposed method is effective and can be used in medical gait analysis.

Corresponding author School of Computer and Information Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P.R.C

Project supported by Key Scientific Project of Fujian Province (2006H0037)

厦门大学信息科学与技术学院计算机科学系, 361005, 厦门大学海韵园科研 2#420

山东大学控制科学与工程学院, 250061, 济南市经十路73号

基金项目: 福建省科技重点项目资助 (项目编号: 2006H0037)

1 前言

医学步态分析可以帮助临床医生进行疾病或康复进程评定,为临床提供准确科学的诊断和评价手段。但是目前的医学步态分析一般要求测试者在身体的关节处贴上标记,需要其他的辅助手段才能完成。而一个自动化的无需在关节处贴上标记的,并且能在不同的环境中工作的医学步态分析系统的第一步就是要进行运动目标的检测。然而,由于光照变化(灯的开关、天气变化、背景物体自身的阴影等)背景扰动(摄像机的抖动、摇动的树枝、喷泉等)等给运动目标的检测带来了极大的挑战。

目前常用的运动目标检测方法是减背景法^[1]。减背景法的关键是背景模型的建立和更新,研究思路主要在于开发不同的背景模型,其中混合高斯模型(MOG, Mixture of Gaussians)^[2]是效果较好的一种。混合高斯模型是将每个像素按照多个高斯混合建模,该模型的参数可以自适应更新。Friedman利用3个高斯分布对交通监控场景中的道路,阴影和车辆的像素分别进行建模。文献^[3]利用自适应的混合高斯模型可靠地处理了光照变化、树叶摇动等影响。其它的背景建模方法如^[4],运用维纳滤波器预测每个背景像素的颜色值变化;Kalmann与Brandt、Kilger采用基于卡尔曼滤波的自适应背景模型以适应天气和光照的时间变化。

本文对复杂场景中背景的静止物体和运动物体,用不同的特征向量来表征其像素。对于静止背景物体,用其颜色值来表示;对于运动背景物体,充分利用其帧间信息,用当前帧像素的颜色值及其上一帧对应像素的颜色值,即颜色共生特征(color co-occurrence feature)来表示。在此特征表示的基础上,采用贝叶斯决策规则来判断一个像素是背景中的运动点还是前景点。在更新方法中针对复杂场景中背景的“渐变”和“突变”情况,提出了不同的更新策略。实验表明,该方法在包含有摇动的树枝,或者灯的开关等复杂背景中能准确地提取运动目标。

2 总体结构

运动目标检测首先需要检测出图像中的变化部分,但是由于背景的复杂性,如灯光、背景扰动等因素的影响,并不是所有的变化的像素都是由前景目标所引起的,因此需要区分背景中的变化像素和前景运动目标中的像素。基于上述的要求,我们提出了如下的运动目标检测总体结构。该结构按功能大致可分为四个部分:变化检测、变化分类、前景目标提取、背景更新和验证。首先,采用时间差分法

(Temporal Difference)^[5]进行变化检测。然后,将检测结果输入到变化分类器中,通过贝叶斯决策规则判断当前的变化点是背景点还是前景点。其次,提取前景目标,更新背景图像。各部分的结构关系如图1所示。

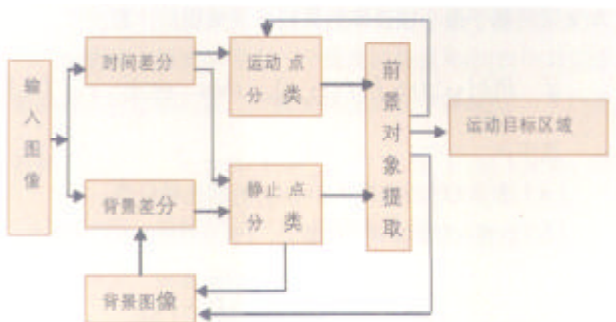


图1 运动目标检测的总体结构

3 变化检测

时间差分法是利用视频序列中当前两帧或当前帧与某一帧的差分来提取图像中的变化区域。该方法具有较强的场景变化适应能力,背景不随时间积累,更新速度快。文中我们的变化检测方法如下:

step1: 将 t 时刻的视频帧和 $t-1$ 时刻的视频帧相减得到差分图(Difference Map) F'_{td} ;

step2: 将 t 时刻的视频帧和一参考背景图像相减得到另一差分图 F'_{bd} ;

step3: 将差分图 F'_{td} 和 F'_{bd} 分别进行二值化处理后得到二值化图像 F_{td} 和 F_{bd} 。其中,差分图二值化处理阈值的选取很关键。如果阈值太低,一些由于噪声而引起变化的点会被误认为前景点;如果阈值太高,一些前景点会被误认为是背景点。本文采用的是自适应的阈值法LMedS(Least Median of Square)^[6],该方法能有效去除图像中的噪声。

4 变化分类

设 $F_{td}(s, t)$ 表示 t 时刻在二值化图像 F_{td} 在 $s=(s, y)$ 处像素的值, $F_{td}(s, t)=1$ 表示运动物体上像素值发生变化的点, $F_{td}(s, t)=0$ 表示静止物体上的像素点。它们通过基于贝叶斯决策规则的分类器进一步判断到底是前景点还是背景点。对于 $F_{td}(s, t)=0$ 的像素点,其颜色特征向量 $v_t=[r_t, g_t, b_t]^T$, 每个颜色分量的量化级别为64;对于 $F_{td}(s, t)=1$, 其颜色特征向量 $v_t=[r_{t-1}, g_{t-1}, b_{t-1}, r_t, g_t, b_t]^T$, 每个颜色分量的量化级别为32, 采用这种特殊的颜色特征向量表示法是因为由于物体表面的局部一致性,在一个很小的时间段内,不同视频帧同一位置上的像素通常会产生相似的变化,实验证明采用这

种像素特征表示法增强了系统的鲁棒性。另外,通过对颜色分量进行量化提高了系统的运行效率,节省了存储空间。

4.1 贝叶斯决策规则 运动目标检测的目的就是将前景点和背景点分开,可以看作是模式识别中的两类别分类问题。本文采用基于最小错误率的贝叶斯决策规则,即:

$$\text{if } P(b|v_t, s) > P(f|v_t, s), \text{ then } s \in b \quad (1)$$

其中:

(a) 表示 t 时刻像素点 $s=(x,y)$ 的颜色特征值;

(b) b 表示背景像素点的集合, f 表示前景像素点的集合;

$$(c) P(b|v_t, s) = \frac{P(v_t|b, s)P(b|s)}{P(v_t|s)} \quad (2)$$

$$(d) P(f|v_t, s) = \frac{P(v_t|f, s)P(f|s)}{P(v_t|s)} \quad (3)$$

又因为一个像素点要么是背景点,要么是前景点,所以有以下的式子成立:

$$P(v_t|s) = P(b|s)P(v_t|b, s) + P(f|s)P(v_t|f, s) \quad (4)$$

由以上各式可得:

$$2P(b|s)P(v_t|b, s) > P(v_t|s) \quad (5)$$

知道了先验概率 $P(b|s)$ 、类条件概率 $P(v_t|b, s)$ 和

$P(v_t|s)$ 就可判断一个像素点是否是背景点。下面描述式

子(5)中几个统计特征的表示与计算。

4.2 统计特征的表示 在许多视频处理的应用中,背景点只是在短时间内被前景点遮住。因此我们通过考察长度为 N 的视频序列中同一位置像素的颜色特征值,计算出其先验概率、类条件概率,最后通过贝叶斯决策规则就可判断它是背景点还是前景点。

设 $P_{vb}^{i,j} = P(v_i^j|b, s), i=1, 2, \dots, N$ 表示根据 $P(v_i|b, s)$

按降序排列的前 N 个数,即: $P(v_i^j|b, s) \geq P(v_{i+1}^j|b, s)$ 。

对于给定的值 M_1 和 M_2 (如 $M_1=90\%$, $M_2=10\%$), 一定存在 N_1 使得下式

$$\sum_{i=1}^{N_1} P(v_i^j|b, s) > M_1, \sum_{i=1}^{N_1} P(v_i^j|f, s) < M_2 \quad (6)$$

成立。其中 N_1 的值取决于颜色特征向量和量化的级别。

对于图像中的每个像素,与其相关的统计特征有:

$$(1) P_b^{s,j} = P(b|s);$$

$$(2) P_v^{i,j} = P(v_i^j|s);$$

$$(3) P_{vb}^{i,j} = P(v_i^j|b, s);$$

$$(4) v_i^j = [a_1^i, \mathbf{L}, a_n^i]^T;$$

其中 $i=1, 2, \dots, N_2, N_2 > N_1$, 前 N_1 个数用来计算公式

(5)中各项的值,后 N_2-N_1 个数用于背景模型的更新。在我们的实验中,当量化等级为32时, $N_1=50$, $N_2=80$; 当量化等级为64时, $N_1=30$, $N_2=50$ 。

在确定了 N_1 和 N_2 的值之后,公式(5)中各项的计算

方法如下: $P(b|s) = P_b^{s,j}$, $P(v_i|s) = \sum_{j \in M(v_i)} P_v^{i,j,j}$,

$P(v_i|b, s) = \sum_{j \in M(v_i)} P_{vb}^{i,j,j}$ 。其中

$$M(v_i) = \{k : \forall m \in \{1, \dots, n\}, |a_m^i - a_m^k| \leq \delta\}, \quad (7)$$

实验证明当 $\delta=2$ 时效果较好。将以上各项的值算出来代入到式子(5)之后就可以判断出当前点是前景点还是背景点。

5 前景目标提取

对于时间差分图 F_{ad} 经过变化分类后,定义 $F_{ad}^c(s, t)$ 和 $F_{ad}^{fc}(s, t)$ 的值如下:

$$F_{ad}^c(s, t) = \begin{cases} 0, & \text{if } F_{ad}(s, t) = 0 \\ 1, & \text{a background change} \\ 2, & \text{a foreground change} \end{cases}$$

$$F_{ad}^{fc}(s, t) = \begin{cases} 0, & \text{if } F_{ad}^c(s, t) \leq 1 \\ 1, & \text{if } F_{ad}^c(s, t) = 2 \end{cases}$$

对于背景差分图 F_{bd} 经过变化分类后, 定义 $F_{bd}^{fc}(s, t)$

的值如下:

$$F_{bd}^{fc}(s, t) = \begin{cases} 0, & \text{if } F_{ud}(s, t) = 0, \text{ or } F_{ud}^c(s, t) = 1 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

设 $O(s, t)$ 表示前景点的集合, 则:

$$O(s, t) = F_{bd}^{fc}(s, t) \vee F_{ud}^{fc}.$$

实验中我们发现变化分类之后只有一小部分的背景点被误认为前景点。这些孤立的点可以通过腐蚀和膨胀操作将其去除。

6 背景更新

6.1 背景图像的更新 本文采用运行期均值法 (Running Average) 来进行背景更新, 其思想是通过引入学习率 α_1 来体现背景图像对场景变化的响应。 α_1 通常取 0.05, α_1 越低, 则前景的变化越不会影响背景。

$$B(s, t+1) = (1-\alpha_1)B(s, t) + \alpha_1 I(s, t) \quad (8)$$

其中 $B(s, t)$ 表示 t 时刻的背景图像, $I(s, t)$ 表示 t 时刻的帧图像。

当 $O(s, t) = 0$ and $F_{ud}(s, t) = 1$ or $F_{ud}^c(s, t) = 1$ 时, 表明该像素是变化的背景点, 此时背景图像的更新方式如下:

$$B(s, t) = I(s, t) \quad (9)$$

采用这种更新方式使得参考背景图像能够及时更新以适应变化的背景, 如树叶的摇动、天空的变化等。

6.2 “渐变”变化像素统计特征更新 对于图像中的“渐变”

(gradual change), 即 $P(f|s) \sum_{i=1}^{N_1} P(v_i^f | f, s) < T$ 。设 t 时刻的特征向量为 v_t , 则此时与该像素相关的各个统计特征的更新如下:

$$P_b^{s,t+1} = (1-\alpha_2)P_b^{s,t} + \alpha_2 M_b^{s,t} \quad (10)$$

$$P_v^{s,t+1,i} = (1-\alpha_2)P_v^{s,t,i} + \alpha_2 M_v^{s,t,i} \quad (11)$$

$$P_{vb}^{s,t+1} = (1-\alpha_2)P_{vb}^{s,t} + \alpha_2 (M_b^{s,t} \wedge M_v^{s,t,i}) \quad (12)$$

其中,

◆ $i = 1, 2, \dots, N_2$, α_2 是更新速度, 通常取 $\alpha_2 > 1 - (1-T)^{1/n}$,
 $M_b^{s,t} = 1$ if $F_{ud}^c(s, t) > 0$ and $O(s, t) = 0$,

◆ otherwise $M_b^{s,t} = 0$;

◆ $M_v^{s,t,i} = 1$ if $i \in M(v_t)$ and

$i = \arg \min_{j \in M(v_t)} \{d(v_t, v_t^j)\}$, otherwise $M_v^{s,t,i} = 0$ 其中,

$d(\dots)$ 表示两个向量之间的距离。

如果 N_2 个像素中没有有一个像素的颜色和 t 时刻中对应像素的颜色特征相匹配, 则统计特征表格中第 N_2 个元素的更新如下: $P_v^{s,t+1,N_2} = \alpha_2 \in \mathcal{P}_{vb}^{s,t+1,N_2} = \alpha_2 \in v_t^{N_2} = v_t$ 。更新完成之后, 依据 $P_v^{t+1,s,i}$ 的值重新排序。

6.3 “突变”像素统计特征更新

当 $P(f|s) \sum_{i=1}^{N_1} P(v_i^f | f, s) > T$,

即 $\sum_{i=1}^{N_1} P_v^{s,t,i} - P_b^{s,t} \sum_{i=1}^{N_1} P_{vb}^{s,t,i} > T$ 时, 说明当前的“突变”(once-off) 像素 (如门或灯的开关、电梯的升降等) 可以作为新的背景点。在我们的实验中 T 取 90%。此时像素统计特征的更新如下:

$$P_b^{s,t+1} = 1 - P_b^{s,t} \quad (13)$$

$$P_{vb}^{s,t+1,i} = (P_v^{s,t,i} - P_b^{s,t} P_{vb}^{s,t,i}) / P_b^{s,t+1} \quad (14)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, N_1$ 。

7 实验结果

本文用 VSSN06^[7] 的测试视频库对本算法进行仿真实验。实验结果见下表,

测试视频	视频特征	实验结果
video4.avi	树叶时而轻微摇动时而激烈摆动; 植物的颜色多种多样; 受室外太阳光照的影响。	图 2 中的 a、b 分别是测试视频 video4.avi、video1.avi 中的原始视频帧。
video1.avi	室内光照变化多样, 有等的突然打开; 运动物体对灯光的反射; 背景对灯光的反射。	c、d 其对应的背景图片, e、f 是本文算法的运动目标检测结果。



(a)

(b)

(下转第 35 页)

划性管理;采用条码卡的方式,抛弃了原始手工帐本,改变了收支计帐的方式,逐步实现了财务无纸化;成本控制由事后控制阶段向完整过程控制体系过渡,充分利用医院的医疗资源;调动了职工的主观能动性,对医院领导的决策提供参考依据;省去了大批划价和计帐人员,财务人力需求大大降低。

5 实施中的问题与思考

经过这些年的实施与应用,成效显著,在进行信息化和无纸化的同时,我们采取和保留了一些行之有效的财务监管方法,以确保财务系统运行可靠,现列举如下:

不刻意强调无纸化而忽略财务安全和凭证管理,继续保留核对数据的

机制,如财务科在病人出院后,将所有凭证提交给会计科,由会计科核算员通过电脑核对每笔预交金和记帐。

利用网络加强管理,在交帐、转帐等各个环节上均要有指定权限的人员以凭证方式签收和复核。

财务数据一经产生,数据库中的数据就无法更改,只能以冲负的形式体现,更改痕迹会由计算机后台程序自动提交给科长管理系统。

做好数据的安全归档,确保数据的备份和灾难恢复。

6 结束语

随着医院财务信息化的发展,医院取得了较好的工作效益,医院门诊量从2000年的125万增长到2006年

的208万人次,住院量也从2000年的2.8万人次增长到2006年的5.5万人次。只有财务工作在提高效率的同时提高工作质量、减少漏洞,才能保证医院的持续性发展。 CDM

参考文献

- [1] 赵小抗,陈安民.全成本核算与以病人为中心.医学与社会,2000(13):55-56
- [2] 肖万超.对我院实行科主任负责制分析.中国卫生经济,2001(9):35-38
- [3] 王洲.会计信息失真的防范和治理.中国医院,2006(10):66-69
- [4] 程立军,沈东明.网络财务的安全风险及防范.中国会计电算化,2002(11):19-20

【收稿日期:2007年6月4日】

(上接第31页)

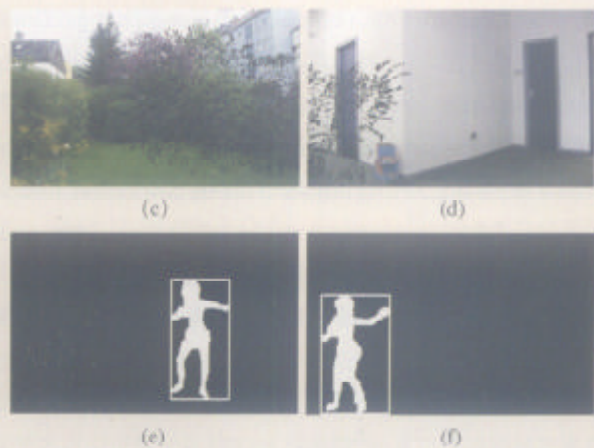


图2 实验结果 (a)、(b)为当前图像,
(c)、(d)为相应的背景图像,(e)、(f)为检测结果

8 结论及展望

针对医学步态分析中的运动目标检测,本文提出了一种基于贝叶斯决策规则的能在复杂场景中有效地提取运动目标的方法。该方法针对不同的背景变化情况采取不同的更新策略,采用了贝叶斯决策规则对背景中的运动点和前景中的运动点进行分类,实验表明,该方法能准确提取复杂场景中的运动目标也获得了较高的时间一致性,可以用在医学步态分析等相关领域中。 CDM

参考文献

- [1] 代科学,李国辉,涂丹等.监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望.2006,11(7):920-927
- [2] LIPTON A, FUJIYOSHI H, PATIL R. Moving target classification and tracking from real-time video. In Proceedings IEEE Workshop on Application of computer Vision, IEEE Computer Society, 1998: 8-14.
- [3] STAUFFER C, GRIMSON W. Adaptive background mixture models for real-time tracking. In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C], Fort Collins, Colorado, USA, 1999, 2: 246-252.
- [4] TOYAMA K, KRUMM J, BRUMITT B, et al. Wallflower: principles and practice of background maintenance. In Proceedings of IEEE Int'l Conf. on Computer Vision, IEEE Computer Society, 1999, 255-261.
- [5] LIPTON A, FUJIYOSHI H, PATIL R. Moving target classification and tracking from real-time video. In proceedings of IEEE Workshop on Application of Computer Vision[C], Princeton, NJ, USA, 1998: 8-14.
- [6] ROSIN P. Thresholding for change detection. In Proceedings of IEEE Int'l Conf. on Computer Vision, 1998: 274-279.
- [7] <http://imagelab.ing.unimo.it/vssn06/>.

【收稿日期:2007年9月12日】